

Sains Malaysiana 40(11)(2011): 1277–1284

Fenomena Kehujanan di Semenanjung Malaysia Berdasarkan Indeks Kerpasan Piawai (Peninsular Malaysia Rainfall Phenomenon Based on Standard Precipitation Index)

SITI AISHAH HANAWI*, WAN ZAWIAH WAN ZIN, ABDUL AZIZ JEMAIN
& ROKIAH @ ROZITA AHMAD

ABSTRAK

Kajian ini bertujuan mengenal pasti pola taburan kehujaan di Semenanjung Malaysia menggunakan Indeks Kerpasan Piawai bagi skala masa yang berbeza iaitu sebulan, enam bulan dan dua belas bulan. Data kajian adalah data hujan harian dari 75 stesen tadahan hujan yang merangkumi empat zon iaitu Barat Laut, Barat, Barat Daya dan Timur untuk 33 tahun; 1975 – 2007. Hasil kajian mendapati nilai serakan bagi frekuensi keberlakuan keadaan basah/kering bertambah dengan peningkatan skala masa. Kajian pemboleh ubah berkaitan iaitu tempoh, keparahan dan selang ketibaan mendapati wujud peningkatan dalam nilai-nilai maksimum, purata dan sisihan piawai di setiap zon dengan bertambahnya skala masa yang digunakan. Seterusnya, zon Barat Daya secara konsisten mengalami tempoh keadaan basah yang lebih lama berbanding tempoh keadaan kering manakala zon Barat pula menghasilkan nilai sisihan piawai yang paling tinggi berbanding dengan zon lain untuk kesemua pemboleh ubah kajian kecuali intensiti.

Kata kunci: Indeks Kerpasan Piawai; hujan harian; pola taburan; skala masa

ABSTRACT

The purpose of this study was to identify the rainfall distribution patterns in Peninsular Malaysia using Standard Precipitation Index at different time scales which are one month, six months and twelve months. Daily rainfall data for 75 rain-gauge stations covering four zones which are Northwest, West, Southwest and East for 33 years: 1975 – 2007 were considered. The results of the analysis showed that the dispersion value for occurrence of wet/dry condition increases with higher time scale. Results on related variables which are duration, severity and inter arrival time showed that the values for maximum, average and standard deviation at all zones also increased with higher time scales. The Southwest zone was found to consistently experience longer duration of wet condition compared to dry condition, while the West zone has a relatively higher standard deviation for all variables apart from intensity.

Keywords: Daily rainfall; distribution patterns; Standard Precipitation Index; time scales

PENGENALAN

Air merupakan keperluan asas yang penting bagi kehidupan. Selain itu, air juga amat diperlukan untuk pelbagai industri seperti pertanian, pembuatan dan penjaan tenaga elektrik. Oleh yang demikian, pengurusan sumber air haruslah efisien bagi memenuhi tuntutan bekalan air daripada pelbagai pihak. Hujan merupakan sumber air semula jadi yang terpenting. Walaupun hujan menyumbang banyak manfaat, hujan yang berlebihan merupakan faktor penyebab kepada pelbagai bencana alam seperti banjir kilat dan tanah runtuh. Di samping itu, ketiadaan hujan atau hujan yang sedikit pula boleh mengakibatkan berlakunya keadaan kering atau kemarau yang akan menjejaskan kehidupan seharian manusia, haiwan mahupun tumbuhan-tumbuhan. Justeru itu, indeks bagi mengukur lebihan atau kekurangan hujan adalah penting untuk membekalkan maklumat mengenai sifat curahan hujan.

Indeks piawai bagi mengukur lebihan atau kekurangan hujan adalah seperti *Bhalme-Mooley Index* (BMI), *Palmer Drought Severity Index* (PDSI), *Surface Water Supply Index*

(SWSI) dan *Standard Precipitation Index* (SPI). Terdapat indeks yang hanya memerlukan maklumat mengenai nilai curahan di sesuatu kawasan manakala sesetengah lagi memerlukan juga nilai lain seperti tahap pencemaran, suhu dan jenis kegunaan tanah untuk digunakan di dalam pengiraan. Perbandingan tiga indeks kemarau yang berlainan iaitu PDSI, BMI dan SPI dengan menggunakan data dari Afrika Timur menunjukkan SPI lebih sesuai bagi data berkenaan memandangkan ianya tidak memerlukan maklumat yang banyak dalam pembinaannya, dapat digunakan bagi skala masa yang berlainan, tiada nilai had atas dan bawah serta mudah diinterpretasi (Ntale & Gan 2003).

Indeks Kerpasan Piawai (IKP) atau *Standard Precipitation Index* (SPI) telah dibangunkan oleh McKee et al. (1993) untuk mengira defisit kelembapan dan seterusnya menerangkan keadaan basah dan kering di USA. Pelaksanaan IKP hanya memerlukan maklumat amaan hujan di kawasan kajian sahaja. Di peringkat global, kajian yang mengaplikasikan IKP telah dijalankan oleh

beberapa penyelidik di beberapa lokasi di seluruh dunia seperti Hayes et al. (1999) di Texas, Bordi et al. (2001) di Italy, Griddings et al. (2005) di Mexico, Yildiz (2009) di Turki, Rumman et al. (2009) di Jordan dan Chortaria et al. (2010) di Greek. Kajian yang telah dilakukan oleh mereka berjaya membantu menerangkan fenomena hujan di kawasan masing-masing. Ini bersesuaian dengan hujah Richard (2002) yang menyatakan bahawa walaupun IKP dibangunkan di USA, namun IKP adalah universal dan sesuai diaplikasikan di mana-mana lokasi. Walaupun kajian mengenai hujan telah banyak dijalankan di Malaysia, tetapi kajian menggunakan IKP masih belum diterokai. Kajian yang sedia ada telah menyelidik fenomena hujan menggunakan data hujan secara terus. Contohnya seperti Suhaila et al. (2010) yang menggunakan data amaun hujan manakala Deni et al. (2009) pula mengkaji data rentetan

hari kering. Bersesuaian dengan kepentingan IKP yang semakin meluas penggunaannya di luar negara, kajian ini bertujuan untuk menerapkan IKP bagi mengkaji fenomena hujan di Malaysia pula.

Kajian menggunakan IKP boleh dilakukan untuk beberapa skala masa yang berlainan seperti mingguan, bulanan atau tahunan. Penentuan skala masa yang bersesuaian adalah bergantung kepada tujuan sesuatu kajian itu dilakukan. Contohnya, IKP dalam skala masa singkat digunakan untuk pemantauan bekalan air bagi tujuan pertanian. Manakala, IKP dalam skala masa panjang untuk pemantauan aliran sungai, pengaliran air bawah tanah dan had empangan. Skala masa yang biasa digunakan oleh penyelidik adalah sebulan (IKP-1), 3 bulan (IKP-3), 6 bulan (IKP-6), 12 bulan (IKP-12) dan 24 bulan (IKP-24). Tujuan kajian ini adalah untuk mendapatkan corak taburan

JADUAL 1. Maklumat kedudukan 75 stesen di Semenanjung Malaysia

Kod	Stesen	Longitud	Latitud	Kod	Stesen	Longitud	Latitud
BL1	Kg Bahru	100.18	6.51	BD1	Jln Empat	102.19	2.44
BL2	Padang Katong	100.19	6.45	BD2	Melaka	102.25	2.27
BL3	Kaki Bukit	100.21	6.64	BD3	Merlimau	102.43	2.15
BL4	Arau	100.27	6.43	BD4	Bkt Asahan	102.55	2.39
BL5	Guar Nangka	100.28	6.48	BD5	Tangkak	102.57	2.25
BL6	Air Bagan	100.20	5.35	BD6	Separap	102.88	1.92
BL7	Air Itam	100.27	5.40	BD7	Batu Pahat	102.98	1.87
BL8	Bukit Bendera	100.27	5.42	BD8	Sembrong	103.05	1.88
BL9	Batu Kawan	100.43	5.26	BD9	Tampok	103.20	1.63
BL10	Bumbong Lima	100.44	5.56	BD10	Ldg Kian Hoe	103.27	2.03
BL11	Bkt Berapit	100.48	5.38	BD11	Kluang	103.32	2.02
BL12	Kodiang	100.30	6.37	BD12	Rengam	103.35	1.84
BL13	Alor Star	100.40	6.20	BD13	Pontian	103.46	1.35
BL14	Pendang	100.48	5.99	BD14	Kahang	103.60	2.23
BL15	Parit Nibong	100.51	5.13	BD15	Senai	103.67	1.63
BL16	Sik	100.73	5.81	BD16	Kota Tinggi	103.72	1.76
BL17	Ampang Pedu	100.77	6.24	BD17	Johor Bahru	103.75	1.47
B1	Alor Pongsu	100.59	5.05	T1	To' Uban	102.14	5.97
B2	Sitiawan	100.70	4.22	T2	Kota Bharu	102.28	6.17
B3	Selama	100.70	5.14	T3	Kg Jabi	102.56	5.68
B4	Batu Kurau	100.80	4.98	T4	Setiau	102.95	5.53
B5	Kroh	101.00	5.71	T5	Kg Menerong	103.06	4.94
B6	Lawin	101.06	5.30	T6	K. Terengganu	103.13	5.32
B7	Ipoh	101.10	4.57	T7	Jambu Bongkok	103.35	4.94
B8	Chui Chak	101.17	4.05	T8	Kemaman	103.42	4.23
B9	Sg Bernam	101.35	3.70	T9	Dungun	103.42	4.76
B10	Subang	101.55	3.12	T10	Kemasek	103.45	4.43
B11	Petaling Jaya	101.65	3.10	T11	Paya Kangsar	102.43	3.90
B12	Port Dickson	101.80	2.53	T12	Kuantan	103.22	3.78
B13	Ldg Sengkang	101.96	2.43	T13	Pekan	103.36	3.56
B14	Sikamat	101.96	2.74	T14	Endau	103.67	2.59
B15	Sg Lui Halt	102.37	3.08	T15	Mersing	103.83	2.45
B16	Sg Sabaling	102.49	2.85				
B17	JPS WP	101.68	3.16				
B18	Kg Sg Tua	101.69	3.27				
B19	Gombak	101.73	3.27				
B20	Genting Klang	101.75	3.24				
B21	Ldg Boh	101.43	4.45				
B22	Genting Sempah	101.77	3.37				
B23	Janda Baik	101.86	3.33				
B24	Kg Aur Gading	101.92	4.35				
B25	Kg Chebong	102.35	4.12				
B26	Gua Musang	101.97	4.88				

bagi keadaan basah, normal dan kering di Semenanjung Malaysia berdasarkan nilai IKP dalam skala masa yang berbeza. Analisis deskriptif bagi pembolehubah IKP juga dilaksanakan untuk keadaan basah dan kering.

BAHAN DAN KAEDAH

Data kajian adalah data hujan harian bagi tempoh 1975 hingga 2007 dari 75 stesen hujan di Semenanjung Malaysia yang telah diperolehi dari Jabatan Perkhidmatan Kaji Cuaca, Malaysia (JKC) dan Jabatan Pengairan dan Saliran, Malaysia (JPS). Kesemua stesen telah dibahagikan kepada empat zon iaitu Barat Laut (BL), Barat (B), Barat Daya (BD) dan Timur (T) seperti yang digunakan oleh Deni (2010) dan Suhaila (2010). Kajian terdahulu oleh Dale (1959) dan Lim (1976) turut menggunakan pembahagian zon dalam analisis keabasan. Jadual 1 dan Rajah 1 menunjukkan maklumat dan lokasi stesen hujan kajian.

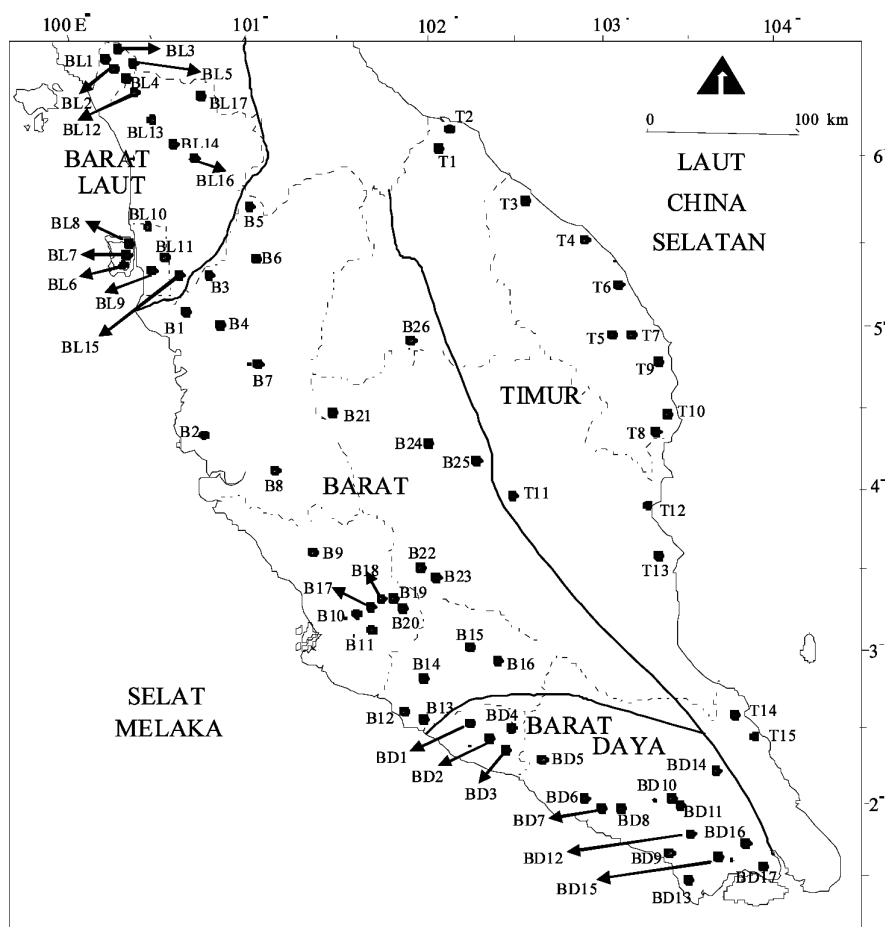
Pengiraan IKP dimulakan dengan pengumpulan jumlah amaun hujan harian berdasarkan skala masa yang diperlukan. Sebagai contoh, sekiranya skala masa adalah sebulan (IKP-1), maka amaun hujan harian pada bulan yang tertentu akan dijumlahkan bagi menghasilkan amaun hujan bagi bulan tersebut untuk sepanjang tempoh data kajian. Sebaliknya, sekiranya skala

masa lebih dari 1 bulan digunakan, data amaun hujan bulanan pula perlu dijumlahkan mengikut skala masa berkenaan. Misalan $x_{i,j}$ mewakili pembolehubah rawak bagi amaun hujan pada bulan ke- i ($i = 1, 2, \dots, 12$) dan tahun ke- j ($j = 1, 2, \dots, k$) di sesebuah stesen. Nilai $x_{i,j}$ akan dijumlahkan mengikut nilai skala masa bagi IKP, contohnya bagi IKP-3, tiga bacaan berturutan akan dijumlahkan seperti dalam Jadual 2.

Data yang diperoleh dipadankan menggunakan taburan gamma kerana menurut Griddings et al. (2005), taburan gamma adalah kukuh dan sesuai untuk digunakan bagi data hujan. Kesesuaian taburan gamma telah diuji menggunakan ujian kebagusan penyuai Kolmogorov-Smirnov pada aras keertian 0.05. Fungsi ketumpatan bagi taburan gamma ditakrifkan sebagai:

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta},$$

dengan $x, \alpha, \beta > 0$; x adalah data amaun hujan, α adalah parameter bentuk dan β adalah parameter skalar. $\Gamma(\alpha)$ pula adalah fungsi gamma yang ditakrifkan sebagai $\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty y^{\alpha-1} e^{-y} dy$. Parameter α dan β akan dianggarkan untuk setiap stesen bergantung kepada skala masa kajian menggunakan kaedah penganggaran kebolehjadian maksimum dan menghasilkan:



RAJAH 1. Lokasi 75 stesen kajian di Semenanjung Malaysia

JADUAL 2. Contoh pengkelasan skala masa IKP (IKP-3)

Bulan	Tahun	Jumlah hujan bulanan	Pengumpulan data bagi pengiraan IKP-3
1	1	$x_{1,1}$	-
2	1	$x_{2,1}$	-
3	1	$x_{3,1}$	$x_{1,1} + x_{2,1} + x_{3,1}$
4	1	$x_{4,1}$	$x_{2,1} + x_{3,1} + x_{4,1}$
5	1	$x_{5,1}$	$x_{3,1} + x_{4,1} + x_{5,1}$
-	-	-	-
-	-	-	-
i	j	$x_{i,j}$	$x_{i-2,j} + x_{i-1,j} + x_{i,j}$
-	-	-	-
-	-	-	-
12	k	$x_{12,k}$	$x_{10,k} + x_{11,k} + x_{12,k}$

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \text{ dan } \hat{\beta} = \frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}},$$

dengan A adalah statistik sampel; $A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n}$ dan n ialah bilangan cerapan. Seterusnya, nilai kebarangkalian kumulatif bagi taburan gamma dikira iaitu:

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\beta \Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x x^{\hat{\alpha}-1} e^{-x/\hat{\beta}} dx.$$

Oleh sebab fungsi gamma tidak tertakrif untuk $x = 0$, walhal amaun hujan untuk sesuatu skala masa mungkin bernilai sifar, maka nilai kebarangkalian kumulatif boleh ditakrifkan sebagai:

$$H(x) = q + (1 - q) G(x).$$

dengan q ialah kebarangkalian amaun hujan sifar. $H(x)$ yang diperolehi dijemakan kepada taburan normal piawai bagi menghasilkan nilai IKP dengan menggunakan penganggaran berikut (Abramowitz & Stegun 1965):

$$Z = \text{IKP} = -f(H(x) \times I(H(x) \leq 0.5)) + f(H(x) \times I(H(x) > 0.5)),$$

$$H(x) = a - \frac{c_0 + c_1 a + c_2 a^2}{1 + d_1 a + d_2 a^2 + d_3 a^3},$$

dengan:

$$a = \sqrt{-2 \ln H(x)} \times I(H(x) \leq 0.5) + \sqrt{-2 \ln(1 - H(x))} \times I(H(x) > 0.5),$$

dan $c_0, c_1, c_2, d_1, d_2, d_3$ adalah pemalar dengan nilai-nilai berikut:

$$c_0 = 2.5155, c_1 = 0.8029, c_2 = 0.0103, d_1 = 1.4328, d_2 = 0.1893, d_3 = 0.0013.$$

Nilai IKP yang diperolehi boleh dibahagikan kepada beberapa kategori seperti di dalam Jadual 3. Kategori yang terhasil boleh digolongkan pula kepada tiga keadaan iaitu basah, normal dan kering. Keadaan basah ditakrifkan

berlaku sekiranya nilai IKP ≥ 1.0 , keadaan normal berlaku apabila $-0.99 \leq \text{nilai IKP} \leq 0.99$ dan keadaan kering pula jika nilai IKP ≤ -1.0 . Pemetaan berdasarkan pengkelasan keadaan basah, normal dan kering ini akan dilakukan untuk melihat corak taburan setiap keadaan di Semenanjung Malaysia.

JADUAL 3. Pengkelasan nilai IKP

Nilai IKP	Kategori
≥ 2	Ekstrim basah
1.5 ke 1.99	Sangat basah
1.0 ke 1.49	Sederhana basah
-0.99 ke 0.99	Hampir normal
-1.0 ke -1.49	Sederhana kering
-1.5 ke -1.99	Sangat kering
≤ -2	Ekstrim kering

Kajian ini turut memfokuskan kepada beberapa pemboleh ubah penting yang terbit daripada IKP. Pemboleh ubah ini berguna untuk menerangkan pola taburan kehujanan (basah/ kering). Pemboleh ubah berkenaan adalah seperti berikut:

1. Tempoh – julat masa dari bermulanya keadaan basah/ kering (IKP ≥ 1.0 bagi keadaan basah, IKP ≤ -1.0 bagi keadaan kering), sehingga tamat keadaan tersebut (IKP < 1.0 bagi keadaan basah, IKP > -1.0 bagi keadaan kering).
2. Keparahan – jumlah kumulatif nilai IKP sepanjang tempoh berlakunya sesuatu keadaan basah/kering.
3. Intensiti – nisbah nilai keparahan terhadap tempoh semasa sesuatu keadaan basah/kering.
4. Selang ketibaan – selang masa yang dikira dari mula berlakunya sesuatu keadaan basah/kering hingga berulang semula keadaan tersebut.

HASIL DAN PERBINCANGAN

Kajian telah dijalankan bagi tiga skala masa yang berbeza iaitu IKP-1, IKP-6 dan IKP-12. Peratus keberlakuan keadaan

basah, normal dan kering telah dikira bagi setiap stesen. Jadual 4 menunjukkan nilai statistik perihalan bagi peratus keberlakuan tersebut untuk setiap skala masa kajian. Berdasarkan Jadual 4, didapati tidak terdapat perbezaan nilai purata yang ketara di antara ketiga-tiga IKP bagi keadaan basah, normal dan kering. Jika dibandingkan di antara keadaan basah dan kering, nilai puratanya juga tidak mempunyai banyak perbezaan. Walau bagaimanapun, nilai julat dan sisihan piawai bagi ketiga-tiga keadaan didapati semakin meningkat apabila skala masa semakin panjang digunakan.

Pemetaan menggunakan kaedah kriging biasa telah dilakukan berdasarkan peratus keberlakuan yang diperolehi untuk melihat secara menyeluruh corak IKP di Semenanjung Malaysia. Rajah 2 menunjukkan taburan reruang bagi peratus keberlakuan keadaan basah, normal dan kering untuk IKP-1, IKP-6 dan IKP-12. Semakin gelap sesuatu kawasan bermaksud peratusan keberlakuan keadaan basah, normal dan kering yang semakin tinggi. Secara umumnya bagi ketiga-tiga skala masa, didapati majoriti peratus keberlakuan keadaan basah berlaku di antara 14.1% - 18% dalam tempoh masa 33 tahun. Peratus keberlakuan keadaan normal pula kebanyakannya di antara 65.2% - 71.6%, manakala keadaan kering di antara 14.2% dan 17.4% di sepanjang tempoh kajian.

Berdasarkan pemetaan bagi keadaan basah di Rajah 2 juga, didapati di bahagian tengah zon Barat Semenanjung mengalami peratus keberlakuan keadaan basah yang kurang untuk ketiga-tiga skala masa. Pemetaan keadaan normal pula menunjukkan beberapa kawasan sepanjang persisir pantai barat mengalami keadaan normal yang kurang untuk IKP-1 dan IKP-6. Sementara itu, keadaan kering yang paling rendah peratusan berlakunya boleh dilihat di bahagian atas zon Barat Laut manakala peratus keberlakuan lebih tinggi di beberapa kawasan sepanjang persisir pantai barat untuk IKP-1.

Analisis deskriptif iaitu nilai maksimum, purata dan sisihan piawai bagi pembolehubah kajian iaitu tempoh, keparahan, intensiti dan selang ketibaan dipaparkan di dalam Jadual 5. Analisis dilakukan mengikut zon untuk ketiga-tiga skala masa. Keadaan basah dan kering diberikan tumpuan kerana kedua-dua keadaan ini adalah keadaan yang berkemungkinan mengakibatkan berlakunya banjir

atau kemarau sekiranya berlaku secara melampau. Jadual 5 memaparkan nilai statistik perihalan bagi kesemua pembolehubah kajian. Kewujudan tanda negatif di dalam Jadual 5(b) dan 5(c) adalah kerana nilai $IKP \leq -1.0$ bagi keadaan kering. Merujuk kepada Jadual 5, didapati untuk kesemua pembolehubah (kecuali intensiti) berlakunya peningkatan nilai statistik perihalan bagi keadaan basah/kering apabila skala masa yang lebih panjang digunakan. Daripada segi perbezaan mengikut zon, stesen di zon Barat didapati mengalami nilai sisihan piawai yang lebih tinggi berbanding dengan zon lain untuk kesemua pembolehubah kajian kecuali intensiti. Bagi pembolehubah tempoh, zon Barat Daya mengalami keadaan basah yang lebih lama berbanding keadaan kering untuk ketiga-tiga skala masa. Selang ketibaan pula mendapati zon Barat mengalami selang ketibaan keadaan basah yang lebih lama daripada keadaan kering untuk kesemua skala masa yang dikaji.

KESIMPULAN

Kajian ini telah menganalisis corak taburan sebuah indeks bagi pemantauan kehujanan, iaitu IKP, mengikut tiga skala masa yang berbeza. Secara puratanya, tiada banyak perbezaan dalam frekuensi keberlakuan keadaan basah/kering di Semenanjung Malaysia, namun nilai serakannya didapati bertambah dengan peningkatan skala masa. Kajian pembolehubah berkaitan iaitu tempoh, keparahan dan selang ketibaan juga mendapati bahawa wujud peningkatan dalam nilai-nilai maksimum, purata dan sisihan piawai di setiap zon dengan bertambahnya skala masa IKP. Faktor peningkatan nilai-nilai tersebut dengan skala masa yang lebih panjang berkemungkinan disebabkan berlakunya lebih banyak variasi dalam amaun hujan. Ini adalah disebabkan, bagi skala masa yang lebih panjang, faktor angin monsun (monsun barat daya berlaku pada bulan Mei hingga September, monsun timur laut berlaku pada bulan November hingga Mac) boleh mempengaruhi nilai IKP terutamanya untuk skala masa 6 bulan dan 12 bulan.

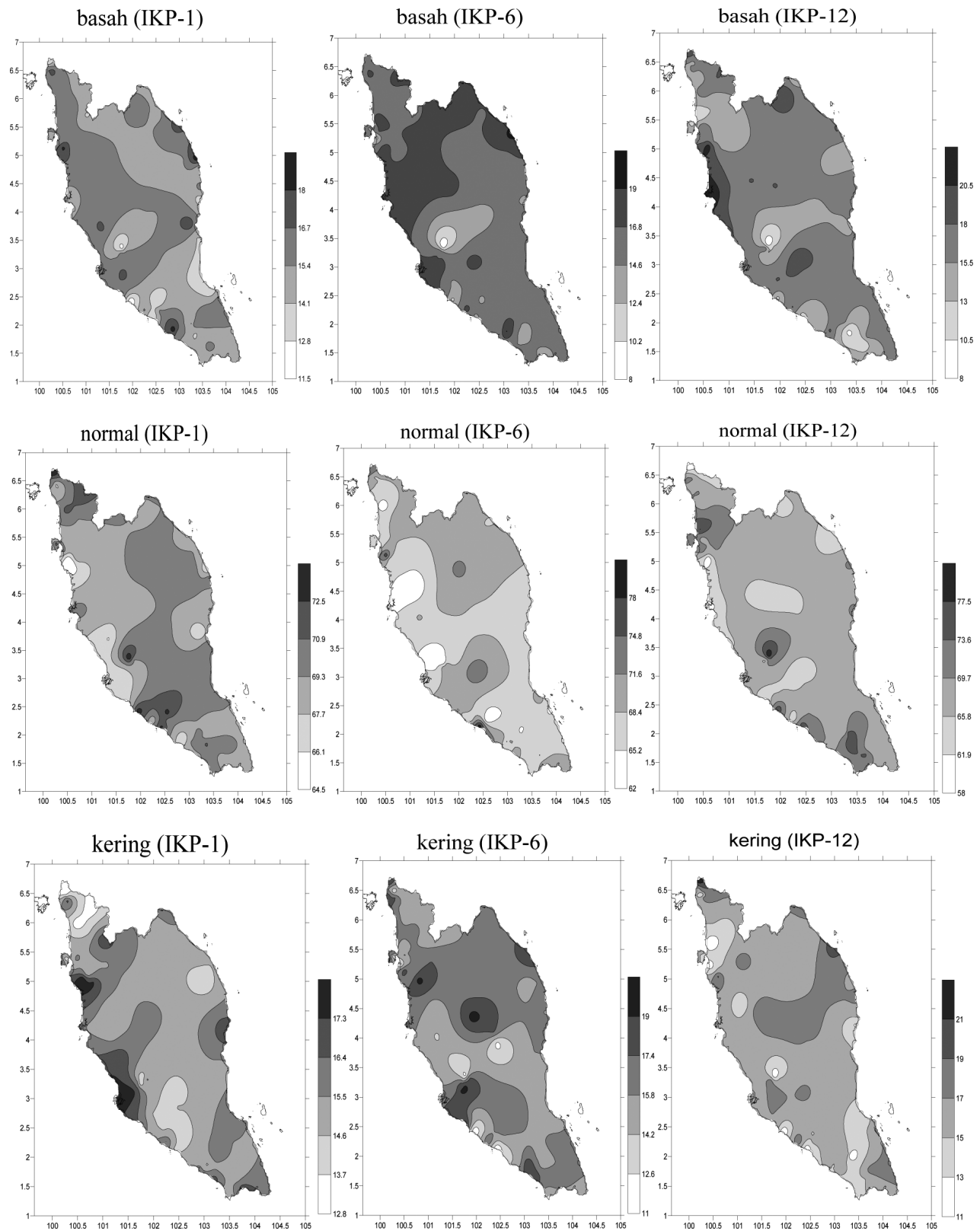
Secara umumnya, perbandingan di antara zon mendapati tiada perbezaan ketara bagi pembolehubah kajian. Walau bagaimanapun, zon Barat Daya didapati secara konsisten mengalami tempoh keadaan basah yang lebih lama berbanding tempoh keadaan kering.

JADUAL 4. Nilai statistik perihalan (peratus keberlakuan) bagi keadaan basah (B), normal (N) dan kering (K) untuk IKP-1, IKP-6 dan IKP-12

	IKP-1			IKP-6			IKP-12		
	B	N	K	B	N	K	B	N	K
Min	11.62	64.90	12.88	7.93	61.89	11.00	7.53	58.44	11.17
Maks	18.69	73.99	17.93	19.69	80.05	19.69	22.08	81.30	22.08
Julat	7.07	9.09	5.05	11.76	18.19	8.69	14.55	22.86	10.91
Purata	15.48	69.21	15.31	15.97	67.97	16.06	15.66	68.48	15.85
Sp	1.38	1.88	1.12	1.87	3.26	1.91	2.58	4.07	2.16

Julat = Maks - Min

Sp = sisihan piawai



RAJAH 2.Peraturan keberlakuan keadaan basah, normal dan kering di Semenanjung Malaysia bagi IKP-1, IKP-6 dan IKP-12

JADUAL 5. Nilai statistik perihalan (pembolehubah kajian) bagi keadaan basah dan kering untuk IKP-1, IKP-6 dan IKP-12

a) Nilai statistik perihalan bagi pemboleh ubah tempoh (bulan) mengikut zon

		IKP-1			IKP-6			IKP-12		
		Maks	Purata	Sp	Maks	Purata	Sp	Maks	Purata	Sp
BL	Basah	5	1.22	0.11	17	3.54	0.92	36	6.81	3.02
	Kering	9	1.28	0.10	24	3.47	0.47	26	4.88	0.97
B	Basah	5	1.24	0.14	26	3.85	1.35	39	6.10	3.24
	Kering	6	1.26	0.10	23	3.62	0.83	39	5.18	1.65
BD	Basah	6	1.25	0.10	25	3.57	1.18	35	5.13	1.62
	Kering	5	1.22	0.07	16	3.06	0.72	29	4.57	1.37
T	Basah	4	1.21	0.09	11	2.97	0.52	24	5.05	1.04
	Kering	7	1.27	0.08	18	2.82	0.48	41	5.20	1.34

b) Nilai statistik perihalan bagi pemboleh ubah keparahan (kumulatif IKP) mengikut zon

		IKP-1			IKP-6			IKP-12		
		Maks	Purata	Sp	Maks	Purata	Sp	Maks	Purata	Sp
BL	Basah	6.78	1.78	0.15	32.13	5.30	1.60	58.97	10.85	5.62
	Kering	-20.47	-2.01	0.22	-48.83	-5.44	0.69	-58.93	-7.77	2.01
B	Basah	11.88	1.82	0.31	57.76	5.99	2.98	79.49	10.01	7.31
	Kering	-10.47	-2.02	0.22	-50.45	-5.49	1.46	-77.70	-7.76	3.07
BD	Basah	10.33	1.84	0.17	48.71	5.55	2.06	68.80	7.76	2.97
	Kering	-15.34	-1.96	0.17	-33.86	-4.50	1.26	-45.60	-6.95	2.49
T	Basah	7.72	1.82	0.12	20.60	4.41	0.76	47.11	7.60	1.74
	Kering	-16.84	-1.98	0.18	-30.30	-4.30	0.90	-74.07	-7.96	2.40

c) Nilai statistik perihalan bagi pemboleh ubah intensiti (keparahan/tempoh) mengikut zon

		IKP-1			IKP-6			IKP-12		
		Maks	Purata	Sp	Maks	Purata	Sp	Maks	Purata	Sp
BL	Basah	3.57	1.45	0.06	2.19	1.33	0.05	2.37	1.34	0.10
	Kering	-4.11	-1.54	0.07	-3.40	-1.40	0.07	-2.499	-1.33	0.08
B	Basah	4.40	1.45	0.06	3.18	1.35	0.09	3.03	1.32	0.15
	Kering	-4.08	-1.59	0.08	-2.91	-1.37	0.08	-2.25	-1.29	0.09
BD	Basah	3.72	1.46	0.05	2.90	1.38	0.05	2.19	1.31	0.08
	Kering	-3.92	-1.58	0.08	-2.82	-1.35	0.06	-2.68	-1.31	0.08
T	Basah	3.26	1.51	0.06	2.94	1.37	0.04	2.91	1.32	0.06
	Kering	-3.90	-1.54	0.05	-3.03	-1.37	0.07	-2.28	-1.33	0.10

d) Nilai statistik perihalan bagi pemboleh ubah intensiti (keparahan/tempoh) mengikut zon

		IKP-1			IKP-6			IKP-12		
		Maks	Purata	Sp	Maks	Purata	Sp	Maks	Purata	Sp
BL	Basah	57	7.82	0.80	145	21.67	4.95	143	34.30	9.36
	Kering	56	8.31	1011	83	19.56	2.72	159	27.68	8.41
B	Basah	62	8.00	1.53	264	23.08	15.35	662	34.67	32.18
	Kering	57	7.87	0.94	174	21.49	6.28	316	31.16	12.74
BD	Basah	68	8.24	0.98	135	22.89	6.51	209	34.41	12.06
	Kering	62	7.68	0.72	138	18.93	4.62	162	26.81	7.68
T	Basah	49	7.88	0.78	80	18.27	2.79	132	28.76	6.40
	Kering	54	7.96	0.73	78	16.33	2.99	131	27.89	7.17

Zon Barat pula menghasilkan nilai sisihan piawai yang paling tinggi berbanding dengan zon lain untuk kesemua pembolehubah kajian (kecuali intensiti). Ini bermaksud zon Barat mengalami lebih variasi, yang mana bilangan stesen kajian yang lebih banyak di zon tersebut boleh menjadi penyebabnya. Di samping itu, nilai-nilai statistik bagi selang ketibaan keadaan basah adalah lebih tinggi daripada keadaan kering di zon Barat. Ini menunjukkan zon Barat berkemungkinan lebih kerap mengalami keadaan kering.

Aplikasi IKP boleh membantu pihak-pihak berkepentingan memahami sifat kehumidaran dan seterusnya memantau keadaan basah/kering. Perbandingan juga boleh dilakukan di antara tempat-tempat kajian disebabkan nilai IKP yang tiada berdimensi. Kajian selanjutnya boleh dilaksanakan dengan menambahkan bilangan stesen hujan kajian termasuklah di kawasan Sabah dan Sarawak.

PENGHARGAAN

Penyelidik merakamkan penghargaan kepada JKC dan JPS Malaysia kerana telah menyumbangkan data hujan bagi menjayakan kajian ini. Terima kasih kepada Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM-ST-06-FRGS0181-2010) dan Kementerian Pengajian Tinggi Malaysia kerana telah membiayai penyelidikan ini.

RUJUKAN

- Abramowitz, M. & Stegun, I.A. 1965. *Handbook of Mathematical Functions*, NY: Dover, pp.1046.
- Bordi, I., Frigio, S., Parenti, P., Speranza, A. & Sutera, A. 2001. The Analysis of the Standardized Precipitation Index in the Mediterranean Area: Large-Scale Patterns. *Annali Di Geofisica* 44(5-6): 965-976.
- Chortaria, C., Karavitis, C.A. & Alexandris, S. 2010. Development of the SPI Drought Index for Greece Using Geo-Statistical Methods. *BALWOIS 2010-Ohrid, Republic of Macedonia, 25-29 May 2010*. (atas talian) http://www.balwois.com/balwois/administration/full_paper/ffp-2081.pdf (27/7/2010).
- Dale, W.L. 1959. The rainfall of Malaya, Part I. *Journal of Tropical Geography* 13: 23-27.
- Deni, S.M. 2010. Analisis Taburan Rentetan Hari Basah (Kering) di Semenanjung Malaysia. Tesis Doktor Falsafah. Universiti Kebangsaan Malaysia (tidak diterbitkan).
- Deni, S.M., Suhaila, J., Wan Zin, W.Z. & Jemain, A.A. 2009. Spatial Trends of Dry Spells over Peninsular Malaysia during Monsoon Seasons. *Theor. Appl. Climatol* DOI 10.1007/s00704-009-0147-4.
- Griddings, L., Soto, M., Rutherford, B.M. & Maarouf, A. 2005. Standardized Precipitation Index Zones for Mexico. *Atmosfera* 18: 33-56.
- Hayes, M.J., Svoboda, M.D., Wilhite, D.A. & Vanyarkho, O.V. 1999. Monitoring the 1996 Drought Using the Standardized Precipitation Index. *Bulletin of the American Meteorological Society* 80(3): 429-438.
- Lim, J.T. 1976. Rainfall minimum in Peninsular Malaysia during the Northeast Monsoon. *Monthly Weather Review* 104: 96-99.
- McKee, T.B., Doesken, N.J. & Kleist, J. 1993. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*, January 17-22 Boston, pp. 179-184.
- Ntale, H.K. & Gan, T.Y. 2003. Drought Indices and Their Application to East Africa. *International Journal of Climatology* 23: 1335-1357.
- Richard, R.J. 2002. A Review of Twentieth-Century Drought Indices Used in the United States. *American Meteorological Society*, pp. 1149-1165.
- Rumman, A.M., Hiyasat, M., Sweis, J.G. & Sweis, J.R. 2009. Assessment of Droughts in Jordan: The Yarmouk and Zarqa Basins. *Management of Environmental Quality: An International Journal* 20(6): 696-711.
- Suhaila, J. 2010. Analisis Amaun Hujan di Semenanjung Malaysia. Tesis Doktor Falsafah. Universiti Kebangsaan Malaysia (tidak diterbitkan).
- Suhaila, J., Deni, S.M., Wan Zin, W.Z. & Jemain, A.A. 2010. Trends in Peninsular Malaysia Rainfall Data During the Southwest Monsoon and Northeast Monsoon Seasons: 1975-2004. *Sains Malaysiana* 39(4): 533-542.
- Yildiz, O. 2009. Assessing Temporal and Spatial Characteristics of Droughts in the Hirfanli Dam Basin, Turkey. *Scientific Research dan Essay, Academic Journals* 4(4): 249-255.
- Siti Aishah Hanawi*
Pusat Pengajian Teknologi Maklumat
Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi, Selangor D.E.
Malaysia
- Wan Zawiah Wan Zin
Abdul Aziz Jemain
Rokiah @ Rozita Ahmad
Pusat Pengajian Sains Matematik
Fakulti Sains dan Teknologi
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi, Selangor D.E.
Malaysia
- *Pengarang untuk surat-menyurat; email: aishah@ftsm.ukm.my
- Diserahkan: 4 Ogos 2010
Diterima: 7 Februari 2011